

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 月 8 日
Date of Application:

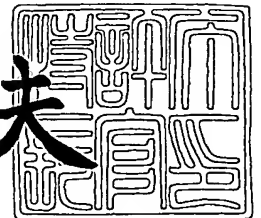
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 0 0 1 5 2 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 0 0 1 5 2 1]

出 願 人 株式会社アドバンテスト
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 ADV10089-2

【提出日】 平成14年 1月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバン
 テスト内

 【氏名】 城戸 隆

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバン
 テスト内

 【氏名】 仁木 尚治

【特許出願人】

 【識別番号】 390005175

 【氏名又は名称】 株式会社アドバンテスト

【代理人】

 【識別番号】 100066153

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

 【識別番号】 100100642

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲垣 稔

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 特願2001-102933

 【出願日】 平成13年 4月 2日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002897

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9718552

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ネットワークアナライザ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、

C. この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える周波数変換器と

D. この周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を經由した光とを合波する合波器と、

E. この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、

F. 上記周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、

G. 上記光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、上記参照用高周波信号源の参照信号が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 2】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第 1 分波器と、

C. この第 1 分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える周波数変換器と、

D. 上記第 1 分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第 2 分波器と、

E. 上記周波数変換器の出力側に設けられ、周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 3 分波器と、

F. 被測定体を經由した上記第 2 分波器が分波した一方の光と上記第 3 分波器で分波した光の一方とを合波する第 1 合波器と、

G. 上記第 2 分波器の他方の分波光と、上記第 3 分波器の他方の分波光を合波する第 2 合波器と、

H. 上記第 1 合波器及び第 2 合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

I. 上記周波数変換器に参照高周波信号を与える参照用高周波信号源と、
J. 上記第1光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、
上記第2光電変換器の変換出力が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅
測定器と、
によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項3】 A. 波長可変光源と、
B. この波長可変光源から出射光される複数の光に分波する第1分波器と、
C. この第1分波器が分波した一方の分波光を被測定体に導く光導波路と、
D. この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器
と、
E. 上記第1分波器の他の分波光に周波数遷移を与える周波数変換器と、
F. この周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第2分波器と
、
G. 被測定体を経由した光と第2分波器が出力する一方の分波光とを合波する
第1合波器と、
H. 上記第2分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反
射光を合波する第3合波器と、
I. 上記第1合波器と第3合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1、
第3光電変換器と、
J. 上記周波数変換器に参照高周波信号を与える参照用高周波信号源と、
K. これら二つの光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力さ
れ、上記参照用高周波信号源の参照信号が参照信号入力端子に入力される位相比
較・振幅測定器と、
によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項4】 請求項3記載の光ネットワークアナライザにおいて、上記第
2分波器が出力する一つの分波光と、上記方向性結合器の通過光を合波する第2
合波器を設け、この第2合波器で合波した光を第2光電変換器で光電変換し、そ
の光電変換出力信号により参照信号を得る構成としたことを特徴とする光ネット
ワークアナライザ。

【請求項 5】 A. 互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、

B. この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第 1 分波器及び第 2 分波器と、

C. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第 1 合波器と、

D. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と上記第 2 分波器が分波した一つの光とを合波する第 2 合波器と、

E. 上記第 1 合波器及び第 2 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

F. これら第 1 光電変換器の光電変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、第 2 光電変換器の光電変換出力が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 6】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、

C. この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える周波数変換器と、

D. この周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を經由した光とを合波する合波器と、

E. この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、

F. 上記周波数変換器に参照高周波信号を与える参照信号発生部と、

G. 上記参照信号発生部に基準信号を与える基準信号源と、

H. 上記光電変換器の変換出力を分周する分周器と、

I. 上記光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号発生部で発生した参照高周波信号と同期し、かつ上記分周器と同一の比率で参照高周波信号を分周された参照信号発生部からの出力が参照信号入力端子に入力され、上記光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 7】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第 1 分波器と、

C. この第 1 分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、

D. この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、

E. 上記第 1 分波器の他の分波光に周波数遷移を与える周波数変換器と、

F. この周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 2 分波器と、

G. 被測定体を経由した光と上記第 2 分波器が出力する一方の分波光とを合波する第 1 合波器と、

H. 上記第 2 分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第 3 合波器と、

I. 上記第 1 合波器と第 3 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1、第 3 光電変換器と、

J. 上記周波数変換器に参照高周波信号を与える参照信号発生部と、

K. 上記参照信号発生部に基準信号を与える基準信号源と、

L. 上記第 1 光電変換器と、第 3 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

M. これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号発生部で発生した参照高周波信号と同期し、かつ上記分周器と同一の比率で参照高周波信号を分周された上記参照信号発生部からの出力が参照信号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器と、第 3 光電変換器が出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 8】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、

C. この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える周波数変換器と、

D. この周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を經由した光とを合波する合波器と、

E. この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、

F. 上記周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、

G. この参照用高周波信号源の信号と上記光電変換器の変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

H. 上記光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号を分周した分周器の出力が参照信号入力端子に入力され、上記光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 9】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第 1 分波器と、

C. この第 1 分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える周波数変換器と、

D. 上記第 1 分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第 2 分波器と、

E. 上記周波数変換器の出力側に設けられ、周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 3 分波器と、

F. 被測定体を經由した光と上記第 3 分波器で分波した光の一方とを合波する第 1 合波器と、

G. 上記第 2 分波器の他方の分波光と、上記第 3 分波器の他方の分波光を合波する第 2 合波器と、

H. 上記第 1 合波器及び第 2 合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

I. これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

J. 上記第 1 光電変換器の変換出力を分周した分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記第 2 光電変換器の変換出力を分周した分周出力が参照信

号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、
によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 10】 A. 波長可変光源と、
B. この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第 1 分波器と、
C. この第 1 分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、
D. この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、
E. 上記第 1 分波器の他の分波光に周波数遷移を与える周波数変換器と、
F. この周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 2 分波器と、
G. 被測定体を経由した光と上記第 2 分波器が出力する一方の分波光とを合波する第 1 合波器と、
H. 上記第 2 分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第 3 合波器と、
I. 上記第 1 合波器と第 3 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1、第 3 光電変換器と、
J. 上記第 1 光電変換器と、第 3 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、
K. これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記周波数変換器に与える参照用高周波信号を上記分周器と同一の比率で分周した分周信号が参照信号入力端子に与えられ、上記第 1 光電変換器及び第 3 光電変換器が出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、
によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 11】 請求項 10 記載の光ネットワークアナライザにおいて、上記第 2 分波器が出力する一つの分波光と、上記方向性結合器の通過光を合波する第 2 合波器を設け、この第 2 合波器で合波した光を第 2 光電変換器で光電変換し、その光電変換出力信号により参照信号を得る構成としたことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 1 2】 A. 互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、

B. この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第 1 分波器及び第 2 分波器と、

C. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第 1 合波器と、

D. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と上記第 2 分波器が分波した一つの光とを合波する第 2 合波器と、

E. 上記第 1 合波器及び第 2 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

F. これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ所定の比率で分周する二つの分周器と、

G. 一方の分周器の分周出力が位相測定信号入力端子に入力され、他方の分周器の分周出力が参照信号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器の光電変換出力が振幅測定信号入力端子に供給される位相・振幅測定器と、
によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 1 3】 請求項 1 乃至 1 2 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記光電変換器の各出力側及び参照信号経路に乗算器を設け、この乗算器に参照用高周波信号を印加し、乗算器の出力側に周波数変換された信号を生成させ、この周波数変換した信号をフィルタによって抽出し、このフィルタによって抽出した信号を位相測定信号及び参照信号として利用する構成としたことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 1 4】 請求項 1 乃至 1 3 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記分波器の一方の分波された分波光が上記周波数変換器と被測定体の両者を經由し上記合波器で合波され、上記分波器の他方の分波光がそのまま上記合波器で合波する構成としたことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 1 5】 請求項 1 乃至 1 4 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記波長可変光源と合波器までの光学路は光導波路によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は各種の光学素子の光の透過特性、遅延特性等を測定する場合に利用する光ネットワークアナライザに関する。

【0002】**【従来の技術】**

図15に従来の光ネットワークアナライザの構成を示す。この図15に示す光ネットワークアナライザは、近赤外光領域の被測定物の波長分散測定を行う装置として①S. Ryu, Y. Horiuchi, K. Mochiuki, "Novel chromatic dispersion measurement method over continuous Gigahertz tuning range," J. Lightwave Technol., vol. 7, no. 8, pp. 1177-1180, 1989 ②M. Fujise, M. Kuwazuru, M. Nunokawa, and Y. Iwamoto, "Chromatic dispersion measurement over a 100-km dispersion-shifted single-mode fiber by a new phase-shift technique," Electron. Lett., vol. 22, no. 11, pp. 570-572, 1986に掲載された装置である。

【0003】

全体の構成としては光学測定部100と、被測定体200と、一般に用いられているネットワークアナライザ300とによって構成される。波長可変光源101からのレーザ光を光強度変調器102にて参照用高周波信号源103から与えられる参照用高周波信号により正弦波強度変調した後、その光を被測定体200に入射する。

被測定体200を通過した光を光電変換器104にて電気信号に変換し、この電気信号を増幅器105で増幅し、ネットワークアナライザ300に被測定信号として入力する。

【0004】

ネットワークアナライザ300では参照用高周波信号源103から与えられる参照信号と被測定信号とを位相比較することにより被測定信号の位相回転量を求める。レーザ光の波長を λ_i 、光強度変調周波数を f_{IF} としたとき、被測定信号の群遅延時間 $\tau(\lambda_i)$ は位相 $\phi(\lambda_i, f_{IF})$ を用いて以下のように表すことができる。

$$\tau(\lambda_i) = \phi(\lambda_i, f_{IF}) / 2\pi f_{IF}$$

したがって、波長可変光源101の波長を連続的に変化させながら上記の測定を行うことで、各波長毎の群遅延時間 $\tau(\lambda_i)$ を求めることができる。波長分散 $D(\lambda_i)$ は群遅延時間を波長領域で微分したものであり、以下の式によって求めることができる。

$$D(\lambda_i) = \Delta\tau(\lambda_i) / \Delta\lambda_i$$

ここで、

$$\Delta\tau(\lambda_i) = \tau(\lambda_{i+1}) - \tau(\lambda_i)$$

$$\Delta\lambda_i = \lambda_{i+1} - \lambda_i$$

である。

位相シフト法は高周波の位相解析技術を使って群遅延時間を測定することができるので、高精度な波長分散測定が可能である。

【0005】

図16は従来技術の他の例を示す。この図16に示す装置は「特開平2-150747号公報、及び特開平10-29569号公報」で提案された生体等の被測定物の断層像を画像化する装置である。

被測定体200にレーザ光源LDからレーザ光を照射し、透過レーザ光の中の直進成分のみを光電変換器104で光ヘテロダイン検波し、このヘテロダイン検波が持つ指向性を利用して分別検出し、被測定体の光断層像を得ることを目的として提案されたものである。光電変換器104の出力は復調器と、コンピュータと、画像表示器とからなる画像処理装置DVに入力される。光断層像を画像化するため、透過レーザ光の強度のみを情報として用い、位相情報は測定していない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

図15に示した装置では、

1. 光電変換器での光／電気変換が光の周波数を直接光電変換する直接検波方式であるため、ヘテロダイン検波方式に比べ、 S/N が10～20dB劣化することが知られている。そのためロスが多い被測定物などでは測定精度が悪化したり、測定不能となるなど、測定可能なダイナミックレンジが狭くなる。

2. 光源と光電変換器の間に被測定物だけでなく光強度変換器が入り、光強度変調器の伝送特性のドリフトが分散などの測定精度に直接影響を与える。

3. 光強度変調器で光に強度変調を掛けるため、被測定物に入射する光のスペクトルは変調周波数の2倍の帯域を持つてしまう。つまり、一定振幅のコヒーレント光が理想的である。

4. 遅延時間の分解能を高くするためには、広帯域の光強度変調器が必要である。

【0007】

図16に示した装置では、

1. 光が、レーザ光源LDから出て、レンズL1、L2、光周波数変換器106、被測定体200、ビームスプリッタBS、ミラーM等を通して光電変換器104に入射するので、パスが長くなりロスが大きい。

2. 光のパスが、被測定側と光周波数変換器側の両者が有るため、光軸調整が煩雑。

3. 位相比較を行っていないので伝搬遅延時間などは測定できない、透過減衰量などの振幅情報のみである。

4. 光源の波長を可変したり掃引したりしないので、被測定体200の波長特性や波長分布の情報が得られない。

この発明の目的は振幅情報は元より位相情報も精度よく測定することができ、また S/N 比が良く、ダイナミックレンジが広い測定を行うことができ、更にドリフトの少ない伝送特性を測定することができる光ネットワークアナライザを提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

この発明の請求項1では波長可変光源と、この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を経由した光とを合波する合波器と、この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、上記光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、上記参照用高周波信号源の参照信号が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0009】

この発明の請求項2では波長可変光源と、この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第1分波器と、この第1分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、上記第1分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第2分波器と、上記音響光学周波数変換器の出力側に設けられ、音響光学周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第3分波器と、被測定体を経由した上記第2分波器が分波した一方の光と上記第3分波器で分波した光の一方とを合波する第1合波器と、上記第2分波器の他方の分波光と、上記第3分波器の他方の分波光を合波する第2合波器と、上記第1合波器及び第2合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第1光電変換器及び第2光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照高周波信号を与える参照用高周波信号源と、上記第1光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、上記第2光電変換器の変換出力が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0010】

この発明の請求項3では波長可変光源と、この波長可変光源から出射光される複数の光に分波する第1分波器と、この第1分波器が分波した一方の分波光を被

測定体に導く光導波路と、この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、上記第1分波器の他の分波光に周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第2分波器と、被測定体を經由した光と第2分波器が出力する一方の分波光とを合波する第1合波器と、上記第2分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第3合波器と、上記第1合波器と第3合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1、第3光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照高周波信号を与える参照用高周波信号源と、これら二つの光電変換器の変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、上記参照用高周波信号源の参照信号が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0011】

この発明の請求項4では請求項3記載の光ネットワークアナライザにおいて、上記第2分波器が出力する一つの分波光と、上記方向性結合器の通過光を合波する第2合波器を設け、この第2合波器で合波した光を第2光電変換器で光電変換し、その光電変換出力信号により参照信号を得る構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項5では互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第1分波器及び第2分波器と、上記第1分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第1合波器と、上記第1分波器が分波した一つの光と上記第2分波器が分波した一つの光とを合波する第2合波器と、上記第1合波器及び第2合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1光電変換器及び第2光電変換器と、これら第1光電変換器の光電変換出力が振幅及び位相測定入力端子に入力され、第2光電変換器の光電変換出力が参照信号入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0012】

この発明の請求項6では波長可変光源と、この波長可変光源が出射する光を複

数の光に分波する分波器と、この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を経由した光とを合波する合波器と、この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照高周波信号を与える参照信号発生部と、上記参照信号発生部に基準信号を与える基準信号源と、上記光電変換器の変換出力を分周する分周器と、上記光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号発生部で発生した参照高周波信号と同期し、かつ上記分周器と同一の比率で参照高周波信号を分周された参照信号発生部からの出力が参照信号入力端子に入力され、上記光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0013】

この発明の請求項7では波長可変光源と、この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第1分波器と、この第1分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、上記第1分波器の他の分波光に周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第2分波器と、被測定体を経由した光と上記第2分波器が出力する一方の分波光とを合波する第1合波器と、上記第2分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第3合波器と、上記第1合波器と第3合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1、第3光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照高周波信号を与える参照信号発生部と、上記参照信号発生部に基準信号を与える基準信号源と、上記第1光電変換器と、第3光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号発生部で発生した参照高周波信号と同期し、かつ上記分周器と同一の比率で参照高周波信号を分周された上記参照信号発生部からの出力が参照信号入力端子に入力され、上記第1光電変換器と、第3光電変換器が出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークア

ナライザを提案する。

【0014】

この発明の請求項 8 では波長可変光源と、この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を経由した光とを合波する合波器と、この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、上記音響光学周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、この参照用高周波信号源の信号と上記光電変換器の変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、上記光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号を分周した分周器の出力が参照信号入力端子に入力され、上記光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0015】

この発明の請求項 9 では波長可変光源と、この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第 1 分波器と、この第 1 分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、上記第 1 分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第 2 分波器と、上記音響光学周波数変換器の出力側に設けられ、音響光学周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 3 分波器と、被測定体を経由した光と上記第 3 分波器で分波した光の一方とを合波する第 1 合波器と、上記第 2 分波器の他方の分波光と、上記第 3 分波器の他方の分波光を合波する第 2 合波器と、上記第 1 合波器及び第 2 合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、上記第 1 光電変換器の変換出力を分周した分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記第 2 光電変換器の変換出力を分周した分周出力が参照信号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0016】

この発明の請求項 10 では波長可変光源と、この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第 1 分波器と、この第 1 分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、上記第 1 分波器の他の分波光に周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 2 分波器と、被測定体を經由した光と上記第 2 分波器が出力する一方の分波光とを合波する第 1 合波器と、上記第 2 分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第 3 合波器と、上記第 1 合波器と第 3 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1、第 3 光電変換器と、上記第 1 光電変換器と、第 3 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記音響光学周波数変換器に与える参照用高周波信号を上記分周器と同一の比率で分周した分周信号が参照信号入力端子に与えられ、上記第 1 光電変換器及び第 3 光電変換器が出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0017】

この発明の請求項 11 では請求項 10 記載の光ネットワークアナライザにおいて、上記第 2 分波器が出力する一つの分波光と、上記方向性結合器の通過光を合波する第 2 合波器を設け、この第 2 合波器で合波した光を第 2 光電変換器で光電変換し、その光電変換出力信号により参照信号を得る構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項 12 では互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第 1 分波器及び第 2 分波器と、上記第 1 分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第 1 合波器と、上記第 1 分波器が分波した一つの光と上記第 2 分波器が分波した一つの光とを合波する第 2 合波器と、上記第 1 合波器及び第 2 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1 光電変換器及び第

2 光電変換器と、これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ所定の比率で分周する二つの分周器と、一方の分周器の分周出力が位相測定信号入力端子に入力され、他方の分周器の分周出力が参照信号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器の光電変換出力が振幅測定信号入力端子に供給される位相・振幅測定器とによって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0018】

この発明の請求項 13 では請求項 1 乃至 12 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記光電変換器の各出力側及び参照信号経路に乗算器を設け、この乗算器に参照用高周波信号を印加し、乗算器の出力側に周波数変換された信号を生成させ、この周波数変換した信号をフィルタによって抽出し、このフィルタによって抽出した信号を位相測定信号及び参照信号として利用する構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項 14 では請求項 1 乃至 13 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記分波器の一方の分波された分波光が上記音響光学周波数変換器と被測定体の両者を経由し上記合波器で合波され、上記分波器の他方の分波光がそのまま上記合波器で合波する構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項 15 では請求項 1 乃至 14 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記波長可変光源と合波器までの光学路は光導波路によって構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

【0019】

作用

この発明の構成によれば、被測定体を経由した光と光周波数変換器で周波数変調された光は、合波器で合波される際に、差の周波数を持つビート成分を発生する。このビート成分を光電変換することによりヘテロダイン検波方式となり、図 15 に示した直接検波方式と比較してショットノイズ限界の検出で SN 比が 10 ～ 20 dB 優れる。このため、ダイナミックレンジの広い被測定体の伝搬特性の測定を行うことができる。

【0020】

また、光源と光電変換器の間に光強度変調器が入らないから、図15に示した装置と比較してドリフトの少ない伝送特性の測定を行うことができる。更に、位相測定を行う構成としているから、図16に示した装置より優れている。

さらに光電変換器の直後に分周器を挿入することにより、被測定信号自身でなく被測定信号を任意の分周比で分周した信号の位相測定を行うことにより、測定する位相の周期が前記分周比倍に拡大され、より安定して被測定信号の位相の変位を測定できる。

【0021】

【発明の実施の形態】

図1にこの発明の請求項1で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。図15及び図16と対応する部分には同一符号を付して示す。

つまり、100は光学測定部、200は被測定体、300は一般に使用されているネットワークアナライザを示す。尚、一般に用いられるネットワークアナライザは各種の測定モードを装備しているが、図1に示す例では位相比較・振幅比較器301と、この位相比較・振幅比較器301が測定した測定値を平均化処理する平均化処理部302を利用するものとして示している。

【0022】

この発明では光源（波長可変光源）101から出射した光（レーザ光）を分波器111で分波し、その一方の分波光を被測定体200に印加する。また、他方の分波光は音響光学周波数変換器（音響光学周波数シフタとも呼ばれている）106に印加する。

被測定体200と音響光学周波数変換器106を透過した光は合波器112で合波され、その合波出力が光電変換器104で光電変換される。

光電変換器104の光電変換出力は振幅及び位相測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅及び位相測定入力端子Aに入力する。更に、参照用高周波信号源103で発生する参照信号はネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Bに入力される。

【0023】

ここで、この発明は請求項15で規定するように、光源101から光電変

換器 104 までの光学路を光導波路（一般には光ファイバ）で構成し、特に合波器 112 で合波する光の偏波面の向きが一致するようにして合波する。また、分波器 111 及び合波器 112 も光集積回路基板に形成される。

以下に、多少の数式を用いてこの発明による光ネットワークアナライザの動作について説明する。光源 101 から波長 λ 、角周波数 ω_c のコヒーレント光が音響光学周波数変換器 106 に入射されると、音響光学周波数変換器 106 の出力光の角周波数は $\omega_c + P$ （ P は光の角周波数のシフト量）に変換される。

【0024】

被測定体 200 に印加する前の光の電界 $e_1(t)$ 及び、音響光学周波数変換器 106 から出射した光の電界 $e_2(t)$ をそれぞれ

$$e_1(t) = A_1 \cos \omega_c t$$

$$e_2(t) = A_2 \cos \{ (\omega_c + P) t + \theta_2 \}$$

被測定体の伝達関数は、

$$Y(\omega_c) = Y_0 \exp(j\phi_0)$$

のように表されたとすると、光電変換器 104 へ入射する電界は次式になる。

$$e_d = Y(\omega_c) A_1 \cos \omega_c t + A_2 \cos \{ (\omega_c + P) t + \theta_2 \}$$

光電変換器 104 の出力電流 i_d は、

$$i_d = \alpha \{ Y_0^2 A_1^2 + A_2^2 + 2 Y_0 A_1 A_2 \cos (P t + \theta_2 - \phi_0) \}$$

となる。位相 ϕ_0 、光の角周波数 ω_c 、群遅延時間 $\tau(\omega_c)$ は次の関係がある。

$$\tau(\omega_c) = \phi_0 / \omega_c$$

光の角周波数 ω_c が既知であるから、ネットワークアナライザ 300 によって、光電変換器 104 の変換出力の振幅と位相を参照信号と比較して測定することにより、被測定体の透過減衰量 Y_0 や伝搬遅延（群遅延）時間 τ といった伝搬特性の波長依存性を測定することができる。

A_1 , A_2 : 電界強度

P : 光の角周波数シフト量

θ_2 : 一定位相

ω_c : 光の角周波数

α : 比例係数

ここでは、合波器 112 で合波される光はそれぞれ偏波の向きが一致するよう

に合波する。このためにそれぞれの光の伝搬媒質として光ファイバを用いることが好ましい。

図2は、この発明の請求項2で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例で第1分波器111-1の他に第2分波器111-2と第3分波器111-3を設けると共に、第1合波器112-1と第2合波器112-2を設け、第2合波器112-2では第2分波器111-2と第3分波器111-3で分波した光を合波して参照信号用合波光を生成し、この参照信号用合波光を第2光電変換器104-2で光電変換して参照信号を得る構成とした場合を示す。

【0025】

この場合、第1光電変換器104-1の光電変換出力は振幅及び位相測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅及び位相測定入力端子Aに輸入され、第2光電変換器104-2から出力される参照信号はネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Bに輸入される。

このように、参照信号を光から生成させる構成とすることにより、光源101の変動或いは音響光学周波数変換器106のわずかなドリフトも参照信号に重畳するから、位相比較・振幅比較器301における比較動作において、これらの変動を相殺することができる利点が得られる。

【0026】

図3は、この発明の請求項3で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例で被測定体200の入力側に方向性結合器115を設け、この方向性結合器115において被測定体200で発生する反射光を検出し、その反射光を第3合波器112-3で周波数シフトされた光と合波し、その合波光を第3光電変換器104-3で光電変換して反射光の測定信号を得る構成とした場合を示す。

従って、この場合にはネットワークアナライザ300には透過光用の振幅及び位相測定信号入力端子Aに加えて、反射光の振幅及び位相測定信号入力端子Cが設けられ、透過光の振幅特性及び透過光の位相特性の外に、反射光の振幅特性と反射光の位相特性を測定できる構成とされる。

【0027】

図4は、この発明の請求項4で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では図3に示した実施例において、ネットワークアナライザ300のための参照信号を光学的に生成する構成に置き換えた実施例を示す。

つまり、第2分波器111-2は音響光学周波数変換器106から出力される光を3分波し、その3分波した光を第1合波器112-1、第2合波器112-2、第3合波器112-3の各一方の入力に入射すると共に、方向性結合器115で得られる一定光量の光を第2合波器112-2に入射し、この第2合波器112-2において第2分波器111-2で分波した光と合波してネットワークアナライザ300のための参照用信号を生成させる構成とした場合を示す。

【0028】

従って、この場合には第1合波器112-1では被測定体200の透過特性を測定する合波信号が得られ、また第2合波器112-2では参照信号が得られ、第3合波器112-3では被測定体200の反射成分の測定信号が得られる。この実施例でも図2に示した実施例と同様に参照信号を光から生成するから、光源101の変動、光学路の変動が参照信号に重畳するから、これらの変動を除去することができる。

図5はこの発明の請求項5で提案した光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では音響光学周波数変換器106の代わりに互いに一定周波数の差の光を発生する2台の光源101-1と101-2を設け、この2台の光源101-1と101-2から出射される光の周波数差を利用してヘテロダイン検波方式の光ネットワークアナライザを構成した場合を示す。

【0029】

従って、この場合には光源101-1と101-2から出射される光の周波数に差を持たせることにより、第1合波器112-1と第2合波器112-2で合波する光にビート成分が発生し、そのビート成分を第1光電変換器104-1と第2光電変換器104-2で光電変換することにより、図1乃至図4に示した実施例と同様にヘテロダイン検波が行われ、SN比のよい測定を行うことができる。

。

図6はこの発明の請求項6で提案した光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では、光電変換器104の直後に分周比Mの分周器113を設け、光電変換器104の光電変換出力は分周器113を通じてネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Aに入力される。光電変換器104の光電変換出力はそのまま振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅測定入力端子Cに入力される。さらに図1乃至図4に示した参照用高周波信号源103の代わりに基準信号源107と参照信号発生部108を有し、参照信号発生部108は音響光学周波数変換器106に参照高周波信号を与えると共に、参照高周波信号と同期し、かつ分周器113と同一の分周比Mで参照高周波信号を分周した出力信号 f_{IF}/M をネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Bに出力する。

【0030】

分周器113で被測定信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ300に入力することにより、測定する位相の周期をM倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。その詳細は後で説明する。

参照信号発生部108は例えば、基準信号源107の基準信号を基にした位相同期ループ (PLL) 回路や通倍器、あるいは直接デジタル・シンセサイザ (DDS) 等によって構成することができる。基準信号源107の基準信号の周波数が f_{st} の場合、音響光学周波数変換器106へ入力される参照信号の周波数 f_{IF} とネットワークアナライザ300の参照信号入力端子へ入力される参照信号の周波数 f_{Ref} は、

$$f_{IF} = NM f_{st} \quad (N \text{ は正の整数、} M \text{ は分周器 } 113 \text{ の分周比})$$

$$f_{Ref} = N f_{st}$$

となり、それぞれの参照信号の間では同期が確保される。

【0031】

光電変換器104の変換出力での被測定信号の位相 ϕ_0 、光の角周波数 ω_c 、群遅延時間 $\tau(\omega_c)$ は、すでに説明したように次の関係があった。

$$\tau(\omega_c) = \phi_0 / \omega_c$$

ここで、光の波長を $1.5 \mu\text{m}$ とすると、位相 ϕ_0 が 180 度回転したときの群遅延時間 τ は、 2.5 フェムト秒となり、そのまま位相比較を行うと ± 2.5 フェムト秒以内の群遅延時間の変化しか測定出来ない（通常の位相比較器では、位相が ± 180 度以上、すなわち一回転以上位相が回ると、位相を正しく測定出来ない）。このため、光電変換器 104 の出力を分周比 M の分周器 113 で $1/M$ に分周することにより、被測定信号の周期が M 倍に広がることから、ネットワークアナライザ 300 に設けられた位相比較・振幅測定器で測定される位相 ϕ_M と元の光測定系の位相 ϕ_0 は、以下の関係となる。

$$\phi_M = \phi_0 / M$$

よって、測定可能な群遅延時間の変化の範囲は $\pm 2.5 \times 10^{-3} M$ ピコ秒まで拡大される。また、光測定系の揺らぎや細かな時間変動は、分周器 113 で分周することにより、平均化され測定の実現性が高まる。測定された位相から光測定系（被測定体）の位相は上の関係を用いることで、簡単に求まる。また、位相比較器で決まる位相 ϕ_M と位相比較を行う信号の周波数 f_{IF}/M から求まる遅延時間 $\tau = M \phi_M / (2\pi f_{IF})$ は、そのまま光測定系（被測定体）の群遅延時間に相当する。

【0032】

最終的には、図 15 に示した従来技術と同様に、被測定体 200 の透過減衰量 Y_0 や伝搬遅延（群遅延）時間 τ といった伝搬特性の波長依存性を測定することができる。

光電変換器 104 と分周器 113 の間に、帯域フィルタ（中心周波数 f_{IF} ）を挿入してもよい。そうすることにより、 f_{IF} 以外の余分な信号 $2f_{IF}$ をカットすることができ、より高精度に測定が可能になる。音響光学周波数変換器 106 としては、音響光学変調器（AOM）、音響光学シフタ（AOS）等がある。

【0033】

上述したこの発明の実施例によれば、

1. ヘテロダイン検波方式のため、図 15 に示した従来技術の直接検波方式に比べ、ほぼショットノイズ限界の検出で S/N が $10 \sim 20$ dB 優れるため、ダイナミックレンジの広い被測定体の伝搬測定が行える。換言すれば、ヘテロダイ

ン検波方式によれば光電変換器 104 では、比較的強度の強い被測定体を通らない参照光と被測定体を通った被測定光のビートで変換出力が発生するので、強度の低下した被測定光のみを変換出力する直接検波方式の場合と比較してダイナミックレンジが大きくとれ、SN比が 10～20 dB 程度優れることになる。

2. 光源 101 と光電変換器 104 の間に光強度変調器が入らないから、図 15 に示した従来技術に比べドリフトの少ない伝送特性の測定が行える。

3. 被測定体 200 に入射する光が無変調のコヒーレント光であり高分解能に波長特性が測定できる。

4. 位相比較を行っているので、図 16 に示した従来技術では測定できない伝搬遅延時間の測定が出来る。

5. 光源 101 の波長を可変することで、図 16 に示した従来技術では測定できない波長特性が測定できる。

6. 位相・遅延時間測定の範囲・分解能を分周器 113 の分周比で設定できる。音響光学周波数変換器 106 の変換周波数に強く依存しない。

7. 分周器 113 で被測定信号を分周してネットワークアナライザ 300 に入力することにより、測定する位相の周期を M 倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できる、等の利点が得られる。

【0034】

図 7 は、この発明の請求項 7 で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では図 3 に示した実施例において、第 1 光電変換器 104-1 及び第 3 光電変換器 104-3 の直後にそれぞれ同一分周比 M の分周器 113-1 及び分周器 113-3 を設け、第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力は分周器 113-1 を通じてネットワークアナライザ 300 の透過用位相測定入力端子 B1 に入力し、第 3 光電変換器 104-3 の光電変換出力は分周器 113-3 を通じてネットワークアナライザ 300 の反射用位相測定入力端子 A に入力する。

【0035】

第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力はそのまま透過用振幅測定信号とし

てネットワークアナライザ300の透過用振幅測定入力端子A1に入力され、第3光電変換器104-3の光電変換出力はそのまま反射用振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の反射用振幅測定入力端子A2に入力される。さらに図1乃至図4に示した参照用高周波信号源103の代わりに基準信号源107と参照信号発生部108を有し、参照信号発生部108は音響光学周波数変換器106に参照高周波信号を与えると共に、参照高周波信号と同期し、かつ分周器と同一の分周比Mで参照高周波信号を分周された出力信号をネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Cに出力する。

【0036】

分周器113-1及び分周器113-3で被測定信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ300に入力することにより、測定する位相の周期をM倍に拡大し、これにより安定して被測定体200の透過光信号及び反射光信号の位相の変位を測定でき、かつ透過光の振幅特性及び反射光の振幅特性を測定できるように構成したものである。

図8にこの発明の請求項8で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。この実施例では、光電変換器104の直後及び参照用高周波信号源103とネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Cとの間にそれぞれ同一の分周比Mの分周器113及び分周器114を設け、光電変換器104の光電変換出力を分周器113を通じてネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Bに入力する。光電変換器104の光電変換出力をそのまま振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅測定入力端子Aに入力する。さらに参照用高周波信号源103の分岐出力は分周器114を通じてネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Cに入力する。

【0037】

この分周器113と分周器114で被測定信号と参照信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ300に入力することにより、測定する位相の周期をM倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。

図9は、この発明の請求項9で提案する光ネットワークアナライザに対応する

一実施例を示す。この実施例では、図2に示した実施例において、第1光電変換器104-1の直後及び第2光電変換器104-2の直後にそれぞれ同一の分周比Mの分周器113及び分周器114を設け、第1光電変換器104-1の光電変換出力を被測定信号として分周器113を通じてネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Bに入力する。第2光電変換器104-2の光電変換出力を参照信号として分周器114を通じてネットワークアナライザ300の位相参照入力端子C1に入力する。第1光電変換器104-1の光電変換出力はそのまま振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅測定入力端子Aに入力する。第2光電変換器104-2の光電変換出力はそのまま振幅参照信号としてネットワークアナライザ300の振幅参照入力端子C2に入力される。

【0038】

この分周器113と分周器114で被測定信号と参照信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ300に入力することにより、測定する位相の周期をM倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。

図10は、この発明の請求項10で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。この実施例では、図3に示した実施例において、第1光電変換器104-1の直後及び第3光電変換器104-3の直後及び参照用高周波信号源103とネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Cとの間にそれぞれ同一の分周比Mの分周器113-1及び分周器113-3及び分周器114-2を設け、第1光電変換器104-1の光電変換出力は透過光の測定信号として分周器113-1を通じてネットワークアナライザ300の透過光用位相測定入力端子B1に入力する。第3光電変換器104-3の光電変換出力を反射光の測定信号として分周器113-3を通じてネットワークアナライザ300の反射光用位相測定入力端子Aに入力する。第1光電変換器104-1の光電変換出力はそのまま透過光の振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の透過光用振幅測定入力端子A1に入力し、第3光電変換器104-3の光電変換出力をそのまま反射光の振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の反射光用振幅測定入力端子A2に入力する。さらに参照用高周波信号源103の分岐出

力は分周器 114-2 を通じてネットワークアナライザ 300 の参照信号入力端子 C に入力する。

【0039】

この分周器 113-1、分周器 113-3 と分周器 114-2 で被測定信号と参照信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ 300 に入力することにより、測定する位相の周期を M 倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。

この場合にはネットワークアナライザ 300 には透過光用の振幅測定入力端子 A1 と位相測定信号入力端子 B1 に加えて、反射光の振幅測定信号入力端子 A2 と反射光の位相測定信号入力端子 A が設けられ、透過光の振幅特性及び透過光の位相特性の外に、反射光の振幅特性と反射光の位相特性を測定することができる。

【0040】

図 11 は、この発明の請求項 11 で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。この実施例では、図 4 に示した実施例において、第 1 光電変換器 104-1 の直後及び第 3 光電変換器 104-3 の直後及び第 2 光電変換器 104-2 の直後にそれぞれ同一の分周比 M の分周器 113-1 及び分周器 113-3 及び分周器 114 を設け、第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力は透過光の測定信号として分周器 113-1 を通じてネットワークアナライザ 300 の透過光用位相測定入力端子に入力され、第 3 光電変換器 104-3 の光電変換出力は反射光の測定信号として分周器 113-3 を通じてネットワークアナライザ 300 の反射光用位相測定入力端子に入力され、第 2 光電変換器 104-2 の光電変換出力は参照信号として分周器 114 を通じてネットワークアナライザ 300 の位相参照信号入力端子に入力される。

【0041】

第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力をそのまま透過光の振幅測定信号としてネットワークアナライザ 300 の透過光用振幅測定入力端子に入力する。第 3 光電変換器 104-3 の光電変換出力をそのまま反射光の振幅測定信号としてネットワークアナライザ 300 の反射光用振幅測定入力端子に入力する。第 2 光

電変換器 104-2 の光電変換出力はそのまま振幅参照信号としてネットワークアナライザ 300 の振幅参照信号入力端子に入力する。

この分周器 113-1、分周器 113-3 と分周器 114 で被測定信号と参照信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ 300 に入力することにより、測定する位相の周期を M 倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。

【0042】

図 12 は、この発明の請求項 12 で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。この実施例では、図 5 に示した実施例において、第 1 光電変換器 104-1 の直後及び第 2 光電変換器 104-2 の直後にそれぞれ同一の分周比 M の分周器 113 及び分周器 114 を設け、第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力を被測定信号として分周器 113 を通じてネットワークアナライザ 300 の位相測定入力端子 B に入力する。第 2 光電変換器 104-2 の光電変換出力を参照信号として分周器 114 を通じてネットワークアナライザ 300 の参照信号入力端子 C に入力する。第 1 光電変換器 104-1 の光電変換出力をそのまま振幅測定信号としてネットワークアナライザ 300 の振幅測定入力端子 A に入力する構成とした場合を示す。

【0043】

この分周器 113 と分周器 114 で被測定信号と参照信号を $1/M$ に分周してネットワークアナライザ 300 に入力することにより、測定する位相の周期を M 倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。

図 13 は、この発明の請求項 13 で提案する光ネットワークアナライザの実施例を示す。この実施例では図 1 に示した実施例において、光電変換器 104 の出力側と参照信号経路に第 1 乗算器 116-1 と第 2 乗算器 116-2 を設け、この乗算器 116-1 と 116-2 で第 2 参照用高周波信号源 103-2 から与えられる高周波信号を乗算することにより、この例では光電変換器 104 から出力される測定信号と参照用高周波信号源 103-1 から出力される参照信号の周波数を高い周波数に（和の周波数を取り出すために第 1 乗算器 116-1, 116

ー2の次段にバンドパスフィルタ117-1と117-2を設けている) シフトさせ、分周器113と分周器114で分周することによって周波数が下がる分を補償し、高い周波数同士で位相比較することにより、単一時間で位相比較を行う回数を増加させ、これにより位相測定精度を向上させる構成とした場合を示す。尚、この乗算器116-1, 116-2を設ける技術思想は図2乃至図12に示した全ての実施例に適用することができる。

【0044】

図14はこの発明の請求項14で提案した光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では、音響光学周波数変換器106と被測定体200を分波器111の分波出力及び合波器112の入力の同一側に入れ、分波器111の他方の分波光はそのまま合波器112で合波する構成とした場合を示す。このように構成しても図1乃至図13に示した実施例と同様に被測定体200の例えば伝送特性の測定を行なうことができる。

尚、上述の実施例では周波数変換器として音響光学周波数変換器を用いた例を説明したが、光周波数の変換器としては他に電気光学結晶を用いた電気光学周波数シフタ又は液晶を用いた周波数シフタを用いることができる。

【0045】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によればヘテロダイン検波方式で光信号を検波するから、直接検波方式で被測定信号を電気信号に変換する場合に比較してSN比の良い測定信号を得ることができる。この結果ダイナミックレンジが広い測定を行うことができ測定精度の向上が期待できる。

然も、光源101から合波器112までの光路を光ファイバのような光導波路を用いるから、合波器112に入力する光の偏波面を合致させる調整を容易に行うことができる。これにより製造が容易な光ネットワークアナライザを提供することができる。

【0046】

また、光源101と光電変換器104の間に光強度変調器が介在しないから、図15に示した従来の技術と比較してドリフトの少ない伝送特性の測定を行うこ

とができる。

また、被測定体 200 に入射する光が無変調のコヒーレント光であるから高分解能に波長特性が測定できる。

更に、位相測定を行っているので、図 16 に示した従来技術では測定出来ない伝搬遅延時間の測定ができる。

【0047】

更に、光源 101 の波長を可変することで、図 16 に示した従来技術では測定できない波長特性が測定できる。

更に、位相・遅延時間測定の範囲・分解能を分周器 113 の分周比で設定できる。音響光学周波数変換器 106 の変換周波数に強く依存しない。

更に、分周器 113 で被測定信号を分周して位相比較を行うことにより、測定する位相の周期が M 倍に拡大されるとともに光測定系の揺らぎや細かな時間変動が平均化され、より安定して被測定信号の位相の変位を測定できる、等の利点が得られ、その効果は実用に供して頗る大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の請求項 1 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 2】

この発明の請求項 2 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 3】

この発明の請求項 3 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 4】

この発明の請求項 4 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 5】

この発明の請求項 5 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を

示すブロック図。

【図 6】

この発明の請求項 6 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 7】

この発明の請求項 7 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 8】

この発明の請求項 8 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 9】

この発明の請求項 9 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 10】

この発明の請求項 10 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 11】

この発明の請求項 11 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 12】

この発明の請求項 12 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 13】

この発明の請求項 13 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 14】

この発明の請求項 14 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 15】

従来の技術を説明するためのブロック図。

【図 1 6】

従来の技術の例を説明するためのブロック図。

【符号の説明】

| | | | |
|----------------------|-------------|--------------|---------|
| 1 0 0 | 光学測定部 | 1 0 8 | 参照信号発生部 |
| 1 0 1 | 波長可変光源 | 1 1 1 | 分波器 |
| 1 0 2 | 光強度変調器 | 1 1 1 - 1 | 第 1 分波器 |
| 1 0 3 | 参照用高周波信号源 | 1 1 1 - 2 | 第 2 分波器 |
| 1 0 4 | 光電変換器 | 1 1 1 - 3 | 第 3 分波器 |
| 1 0 4 - 1 | 第 1 光電変換器 | 1 1 2 | 合波器 |
| 1 0 4 - 2 | 第 2 光電変換器 | 1 1 2 - 1 | 第 1 合波器 |
| 1 0 4 - 3 | 第 3 光電変換器 | 1 1 2 - 2 | 第 2 合波器 |
| 1 0 5 | 増幅器 | 1 1 2 - 3 | 第 3 合波器 |
| 1 0 6 | 音響光学周波数変換器 | 1 1 3, 1 1 4 | 分周器 |
| 1 0 7 | 基準信号源 | 1 1 5 | 方向性結合器 |
| 1 1 6 - 1, 1 1 6 - 2 | 乗算器 | | |
| 1 1 7 - 1, 1 1 7 - 2 | バンドパスフィルタ | | |
| 2 0 0 | 被測定体 | | |
| 3 0 0 | ネットワークアナライザ | | |
| 3 0 1 | 位相比較・振幅比較器 | | |

【書類名】

図面

【図 1】

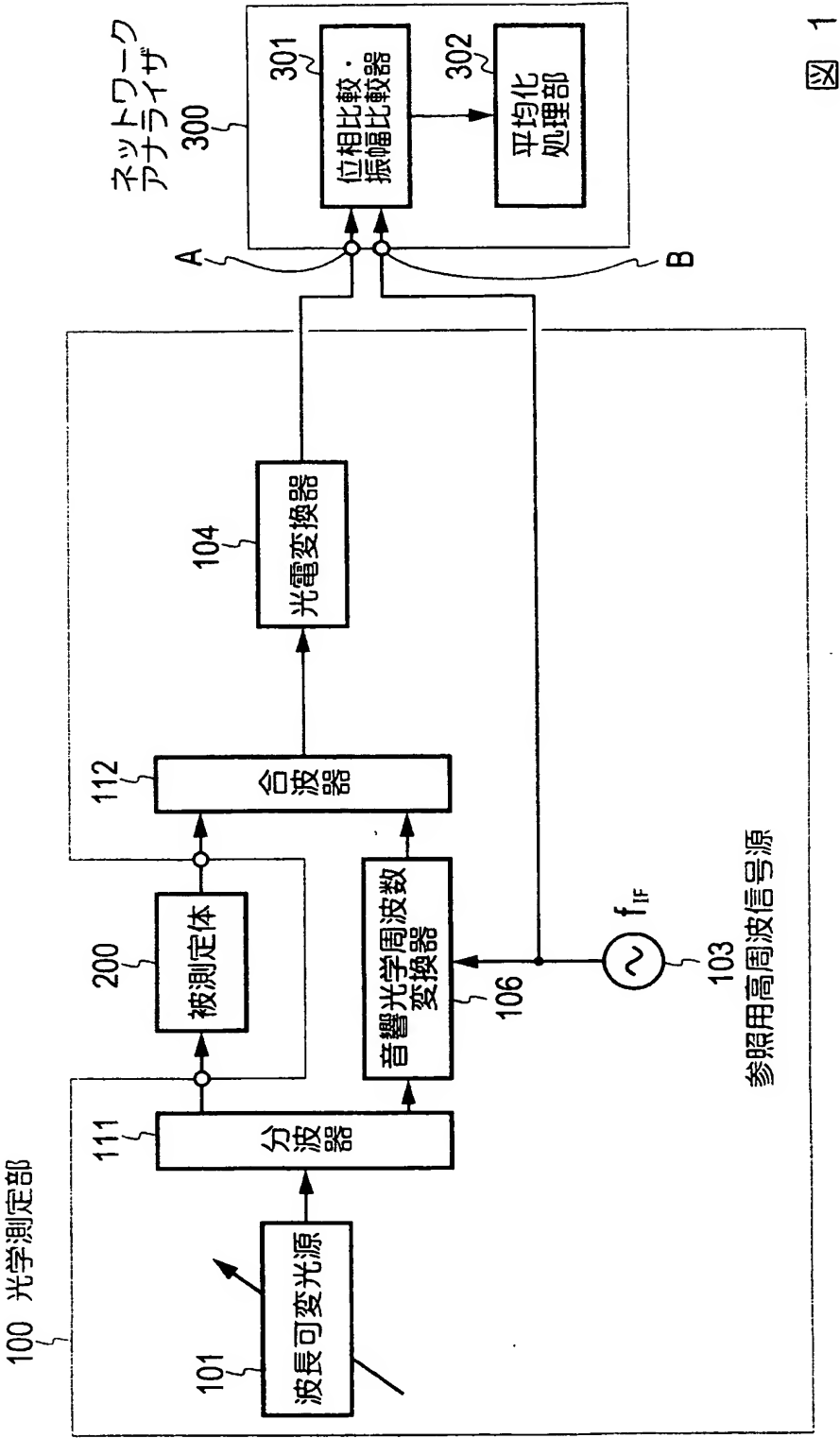


図 1

【図 2】

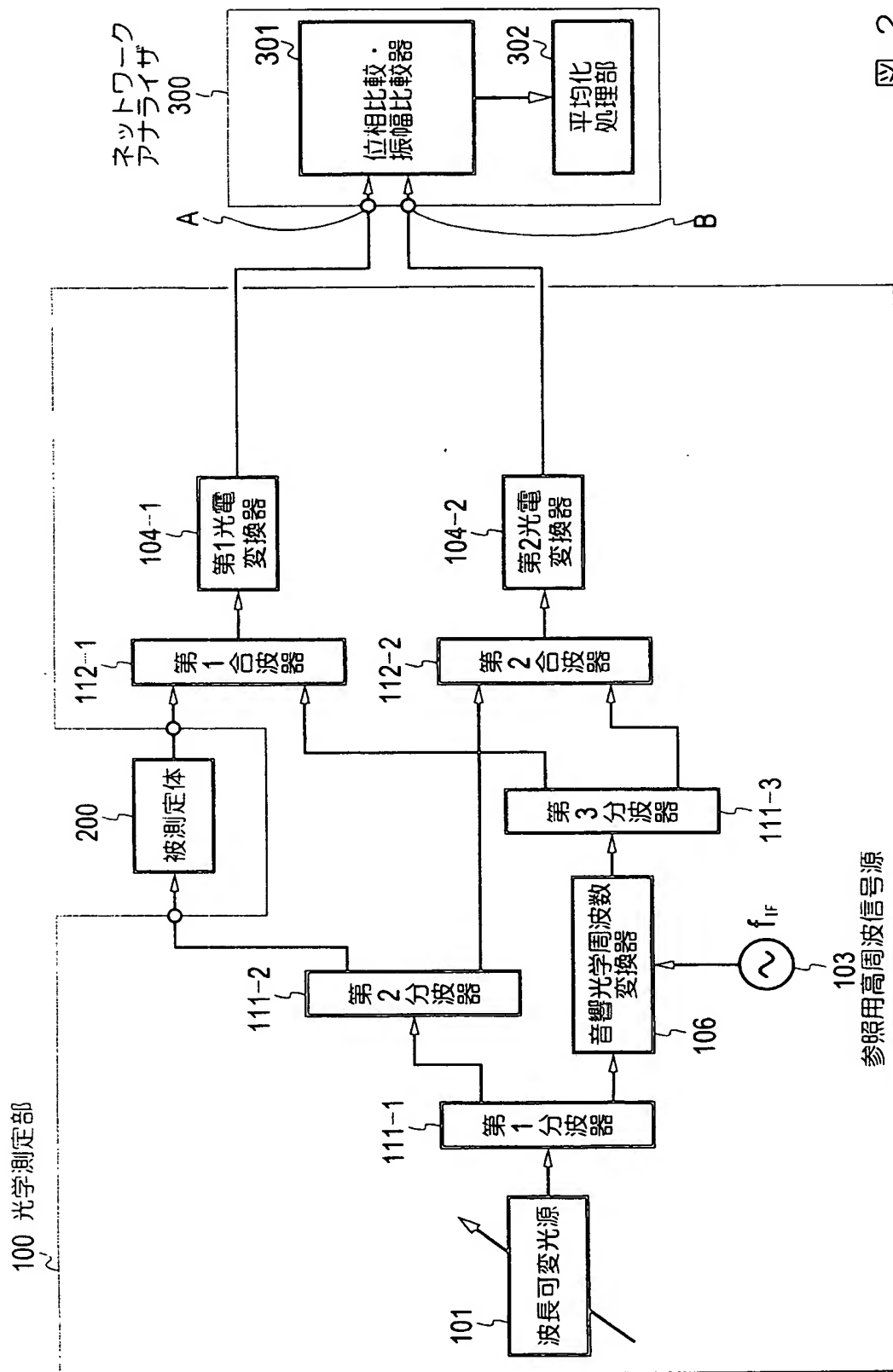
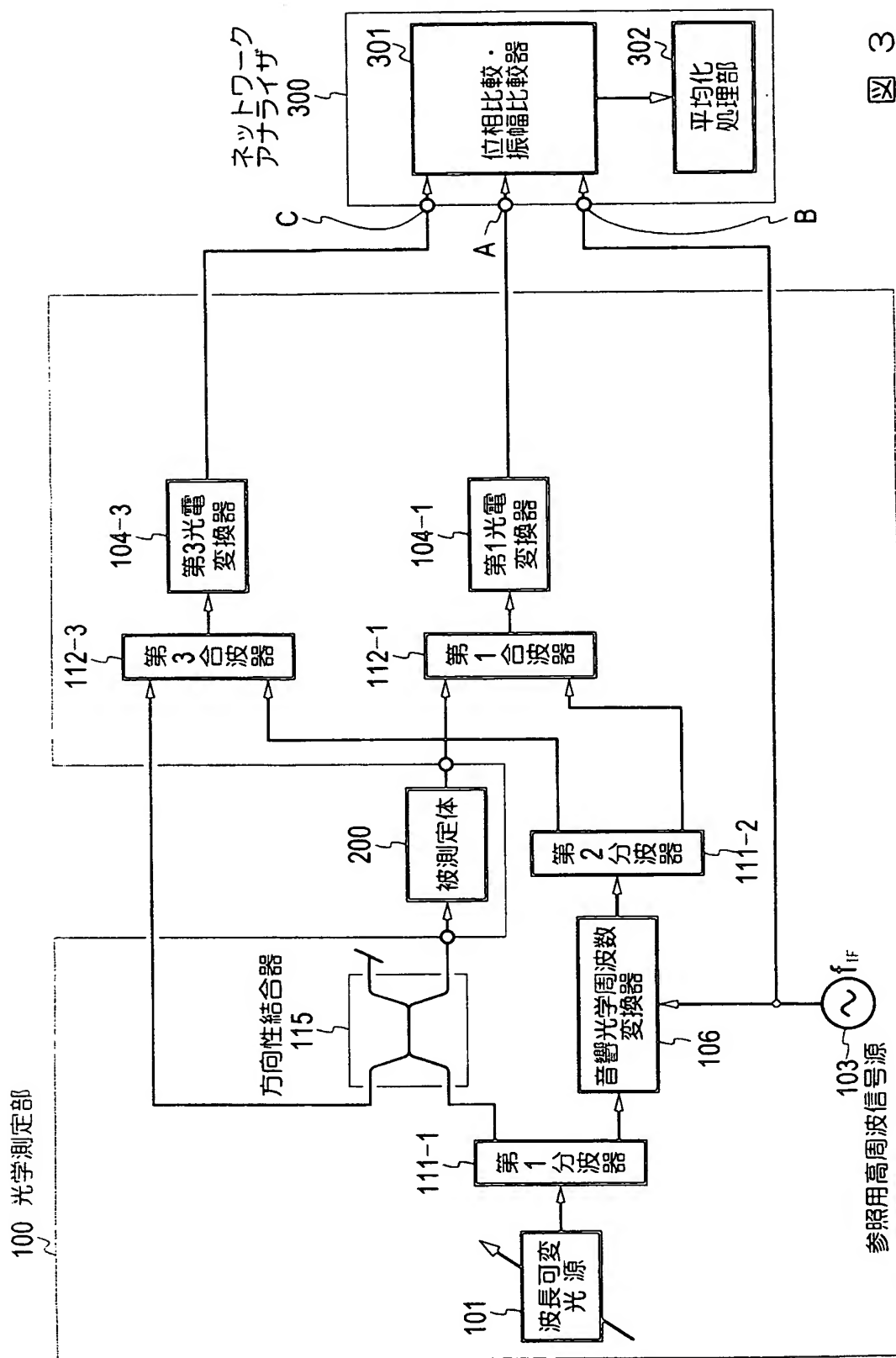


図 2

【図 3】



【図 4】

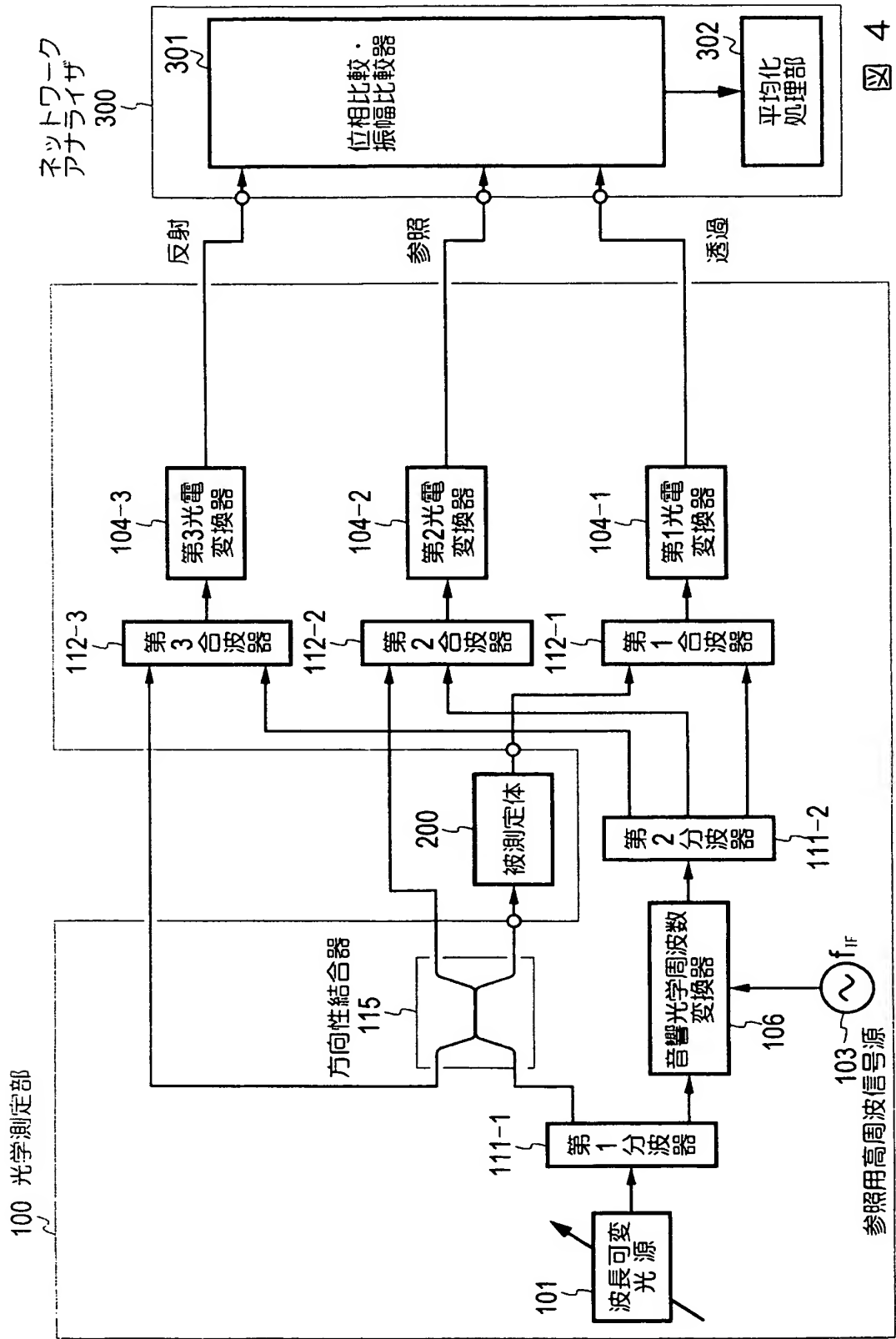


図 4

【図 5】

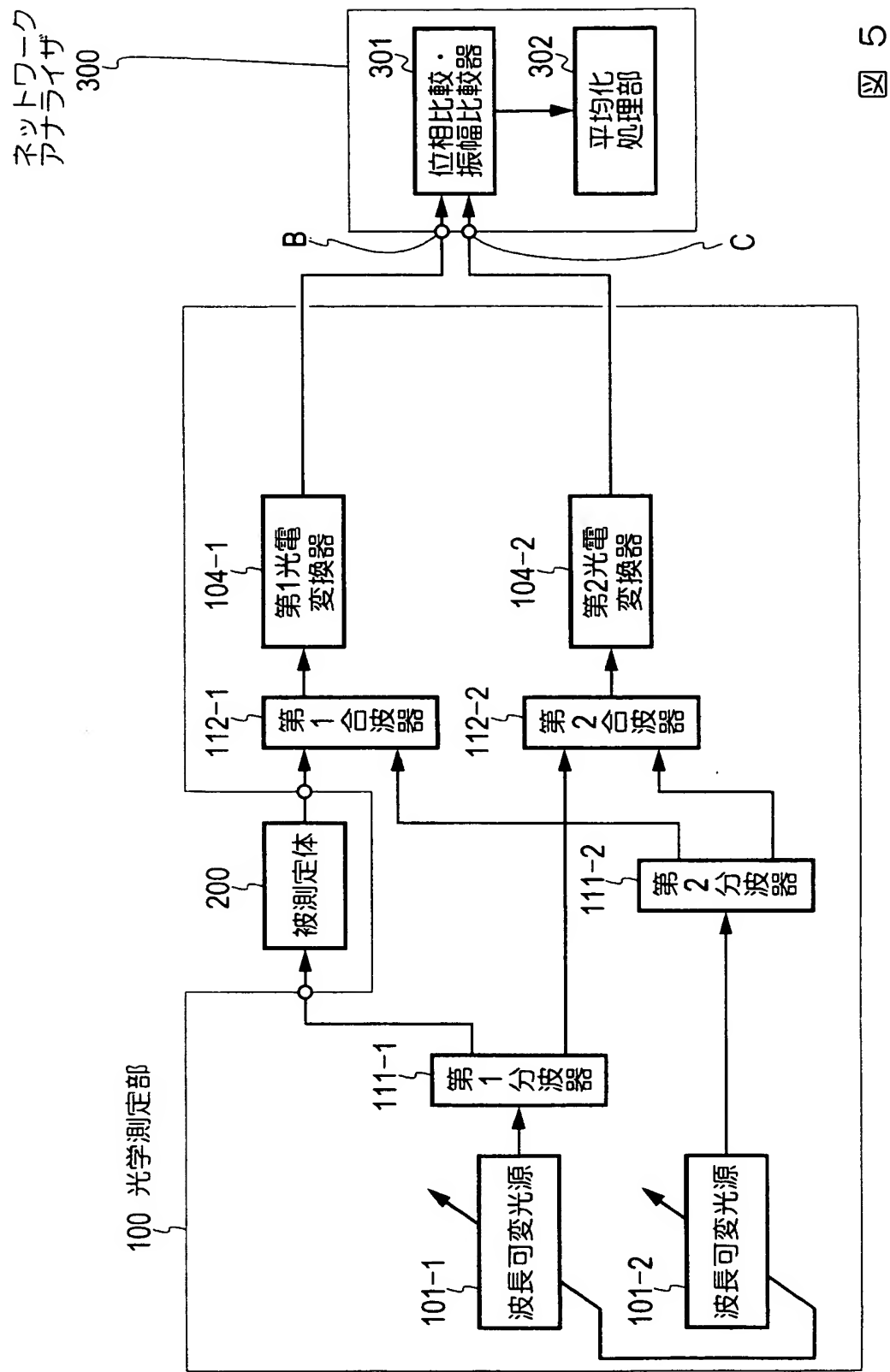


図 5

【図 6】

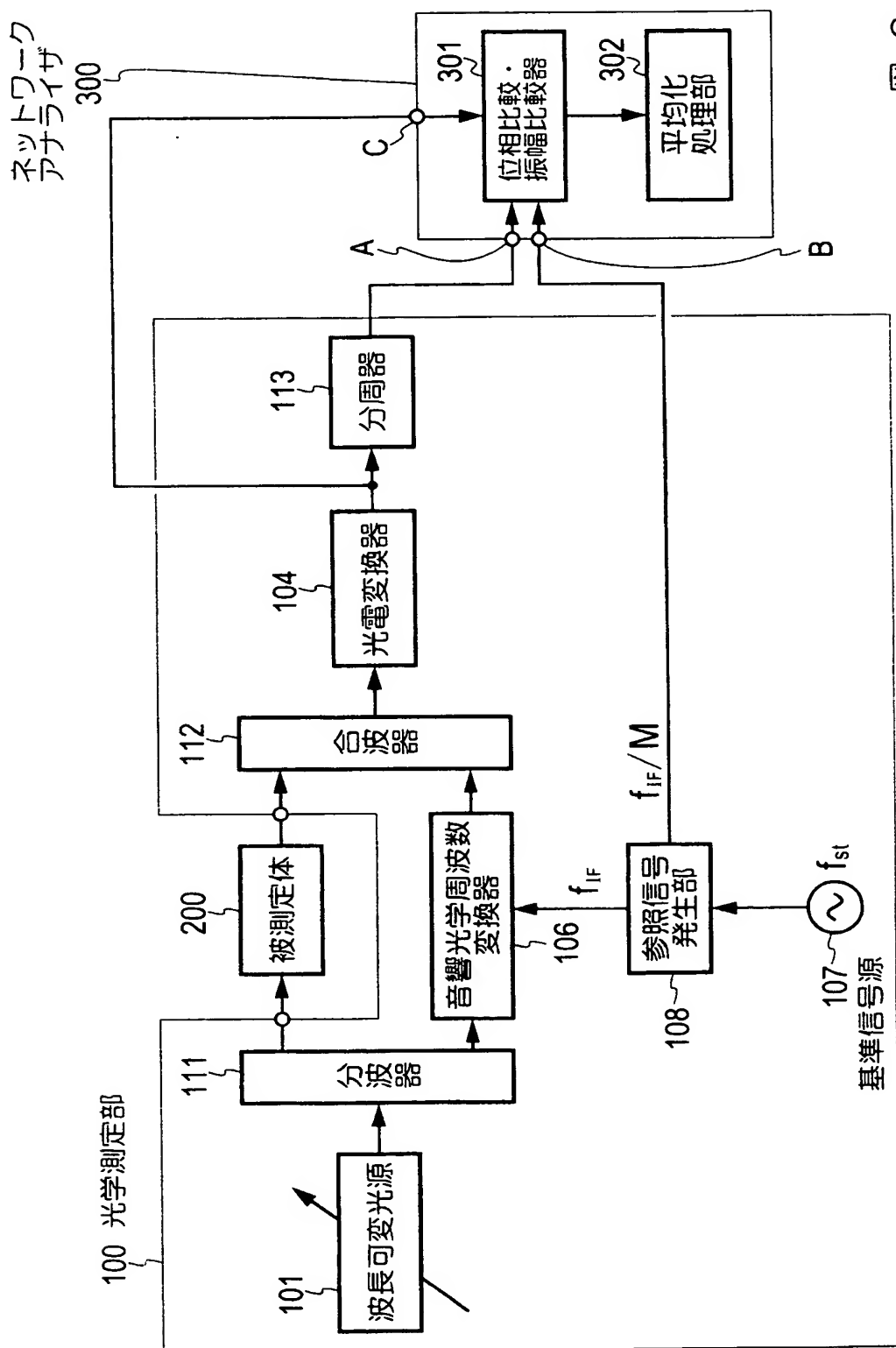


図 6

【図 7】

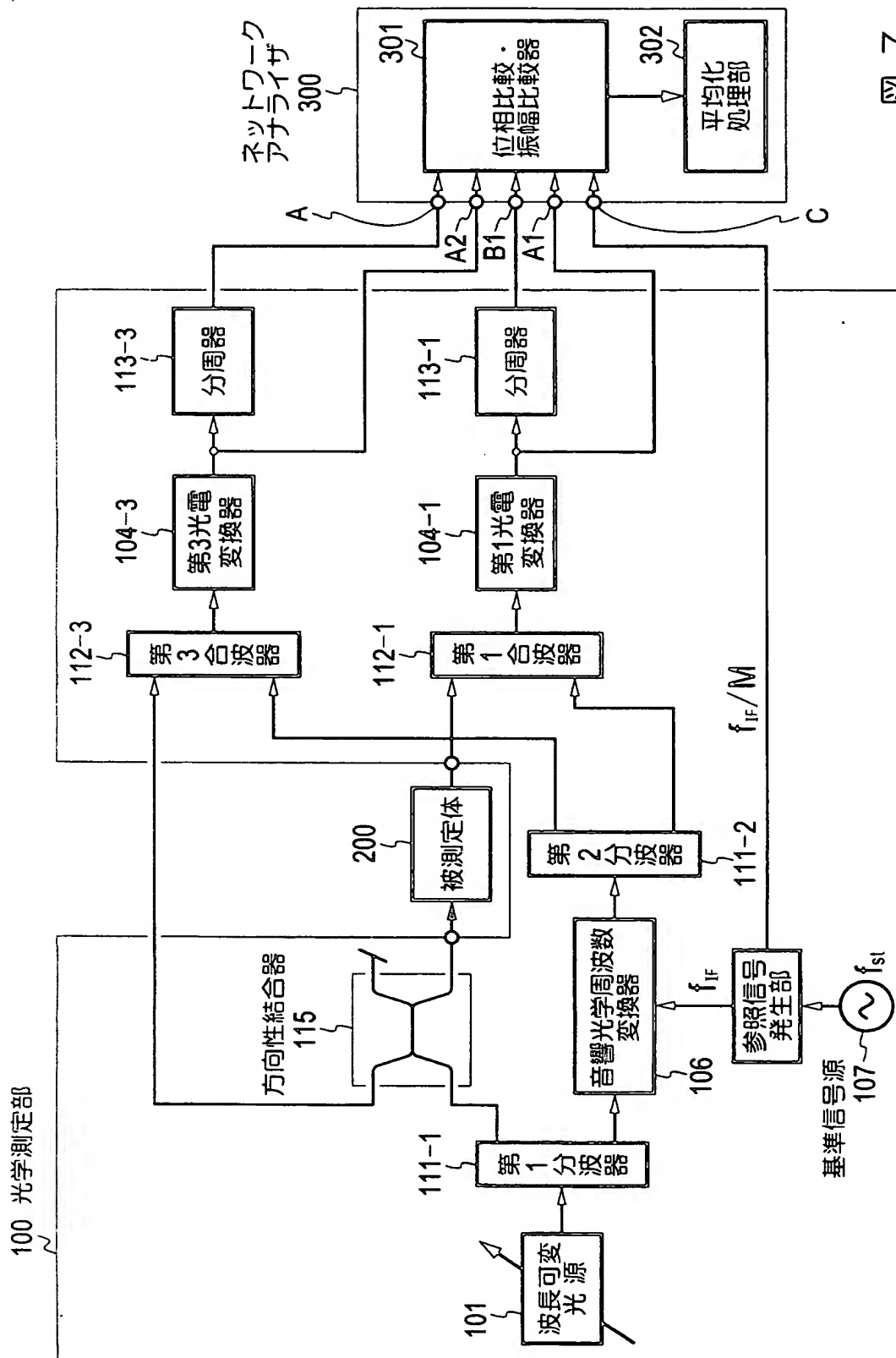


図 7

【図 8】

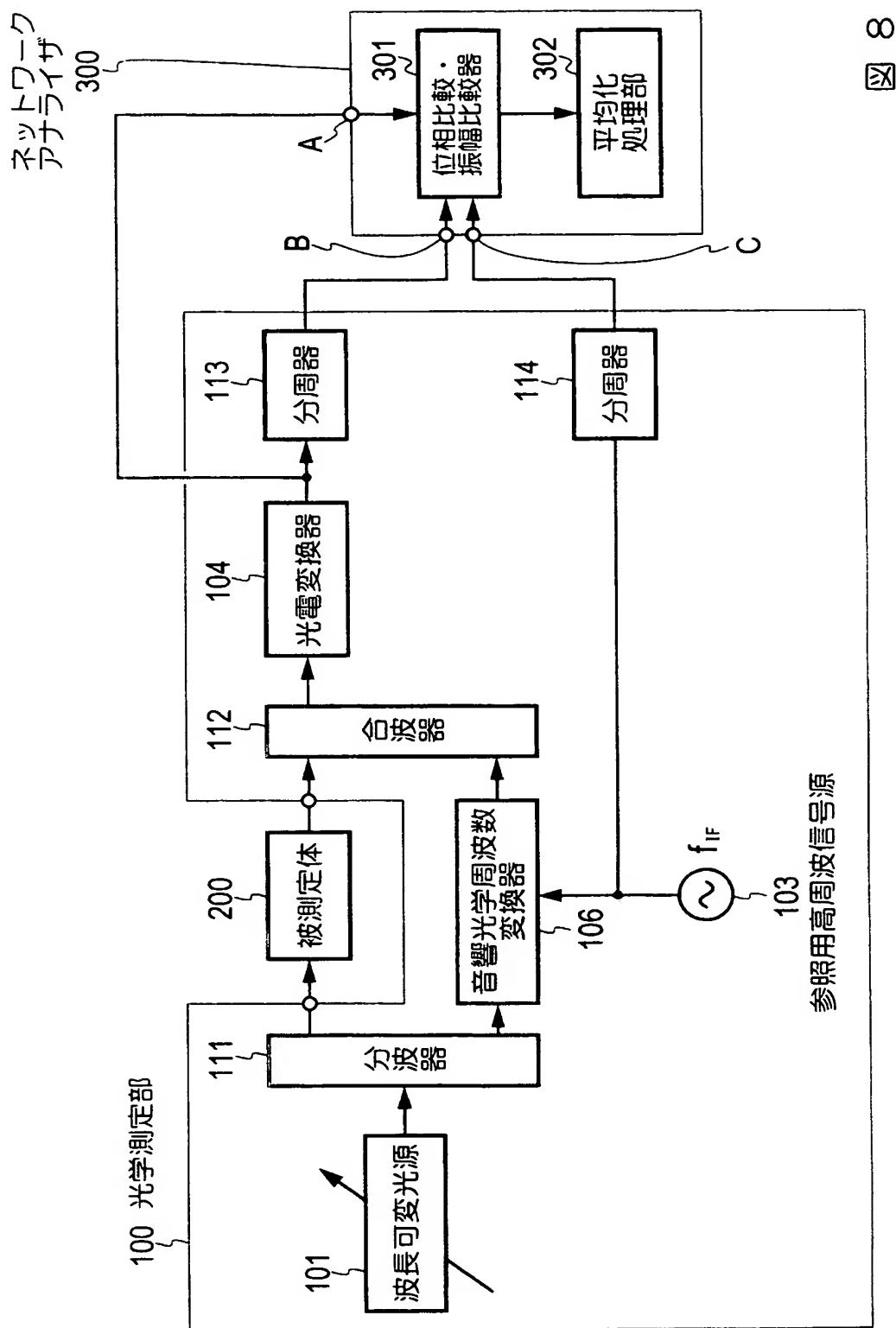


図 8

【図 9】

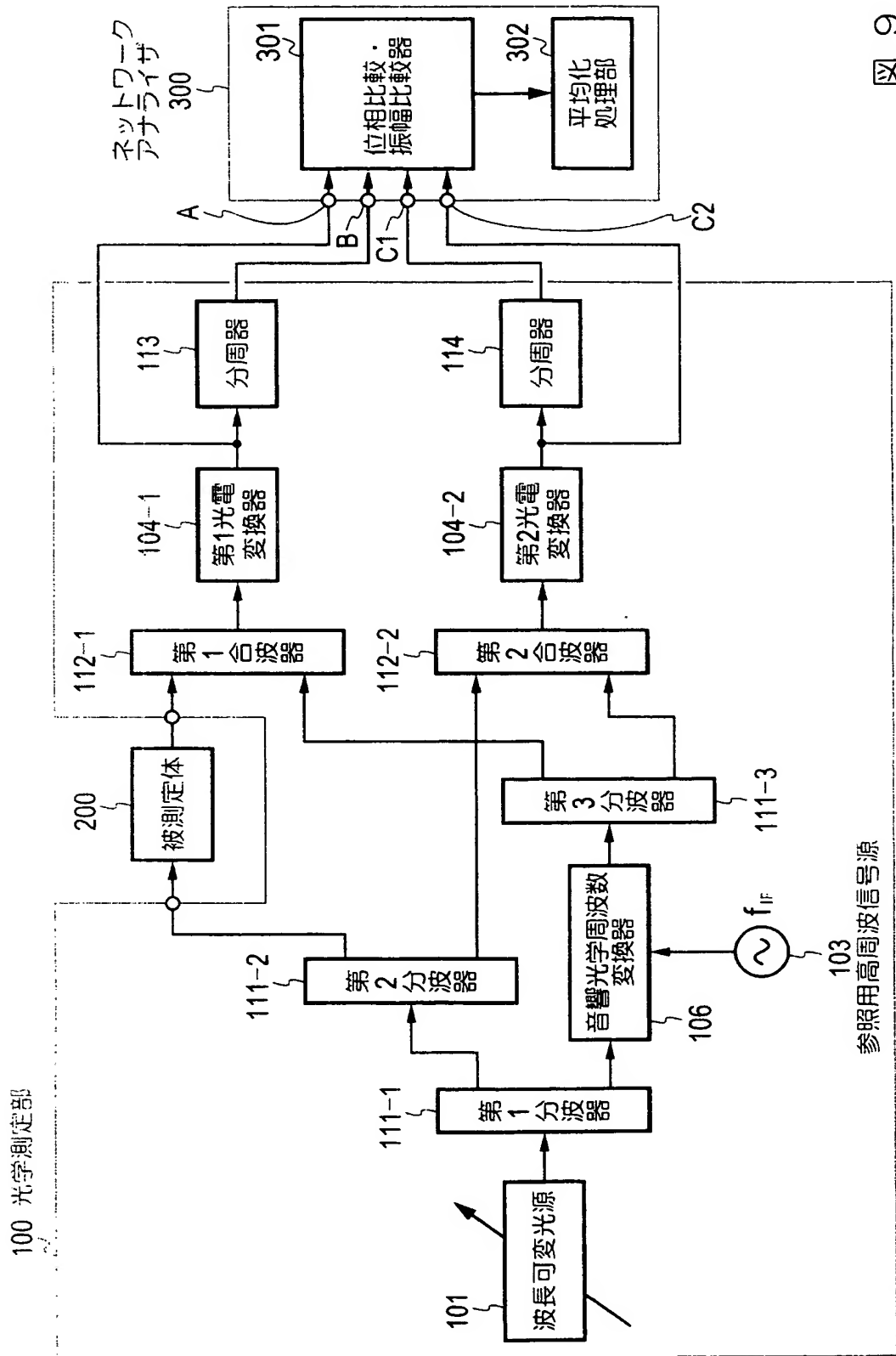


図 9

【図 10】

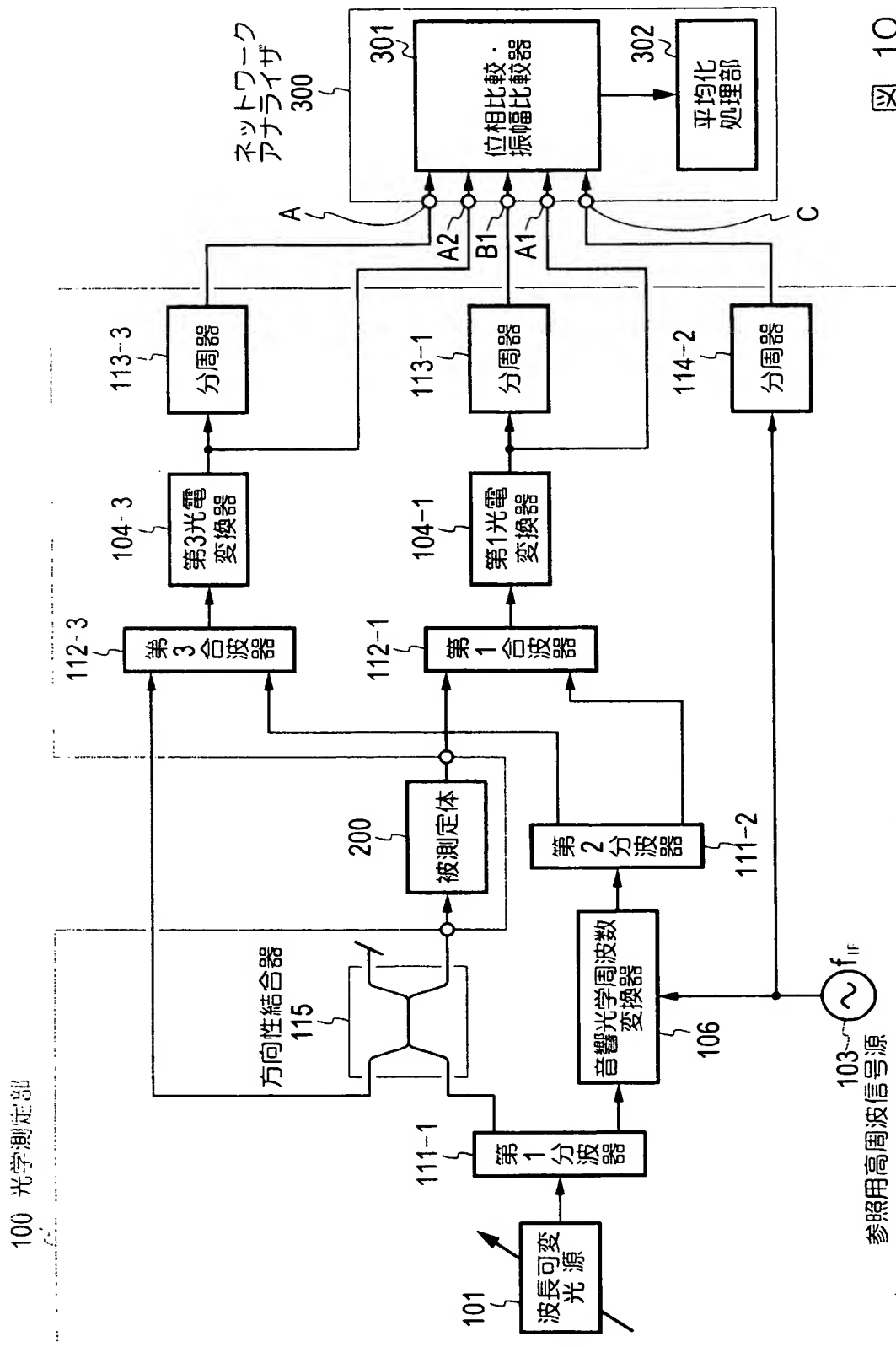


図 10

【図11】

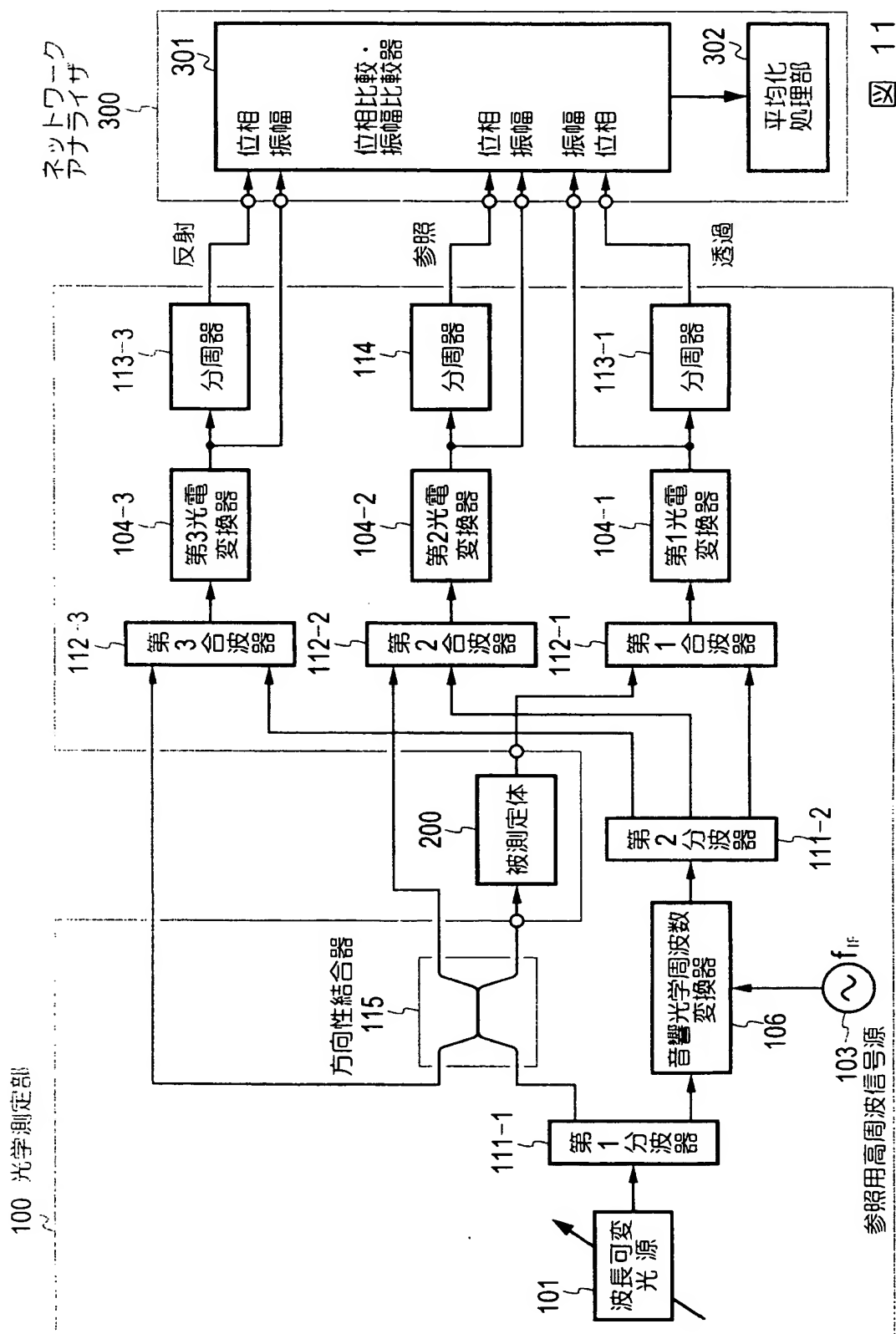


図 11

【図 12】

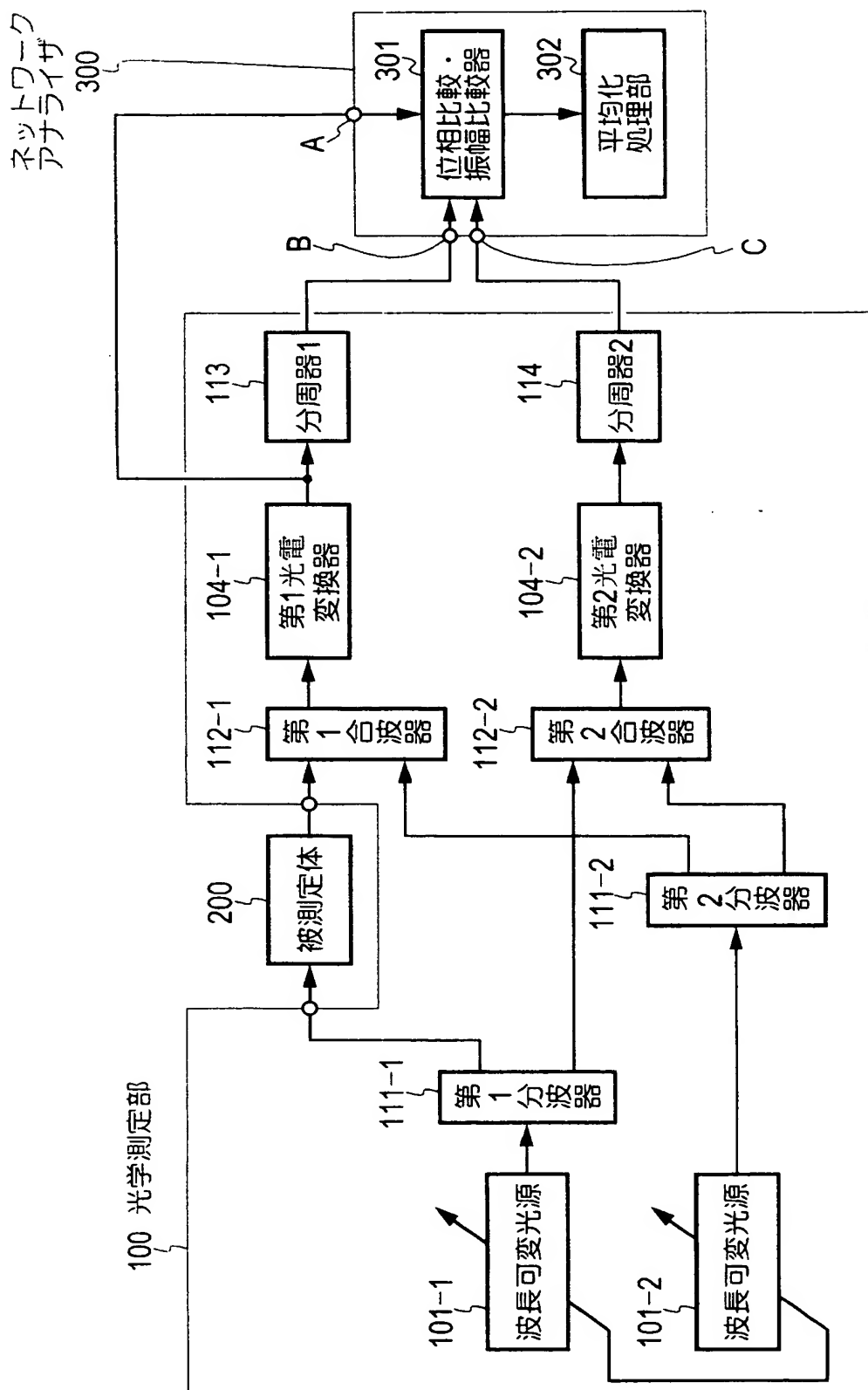


図 12

【図13】

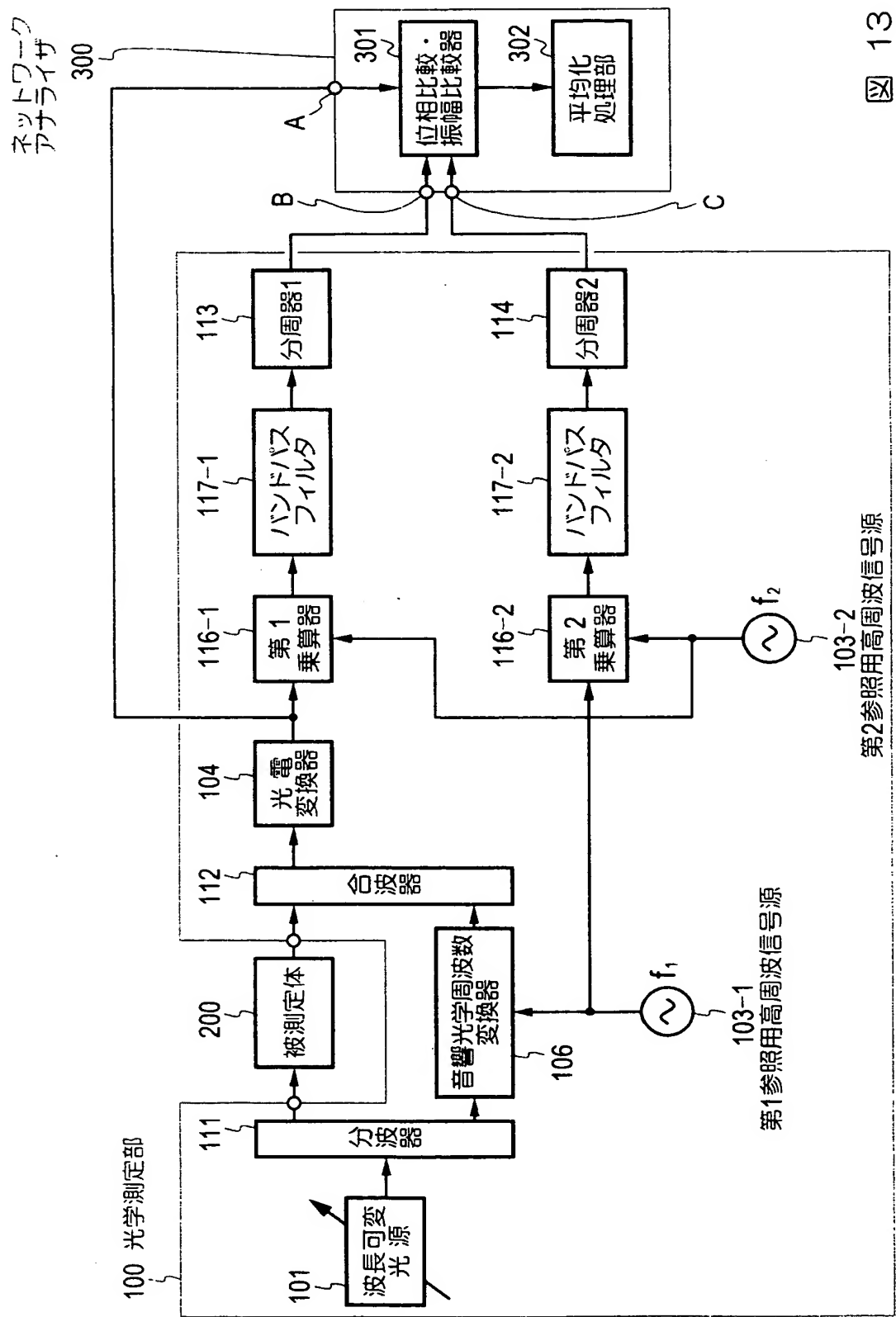


図 13

【図 14】

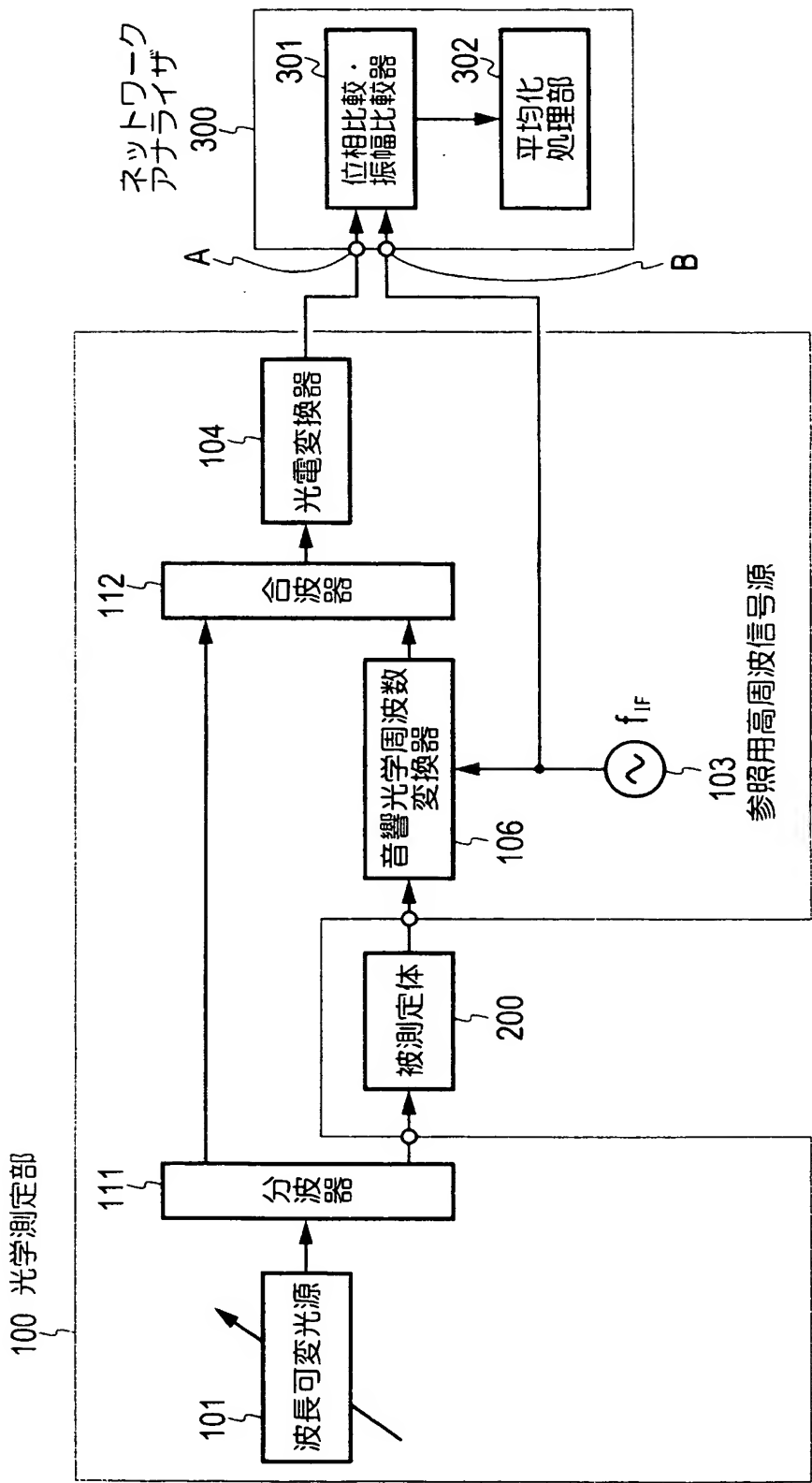


図 14

【図 15】

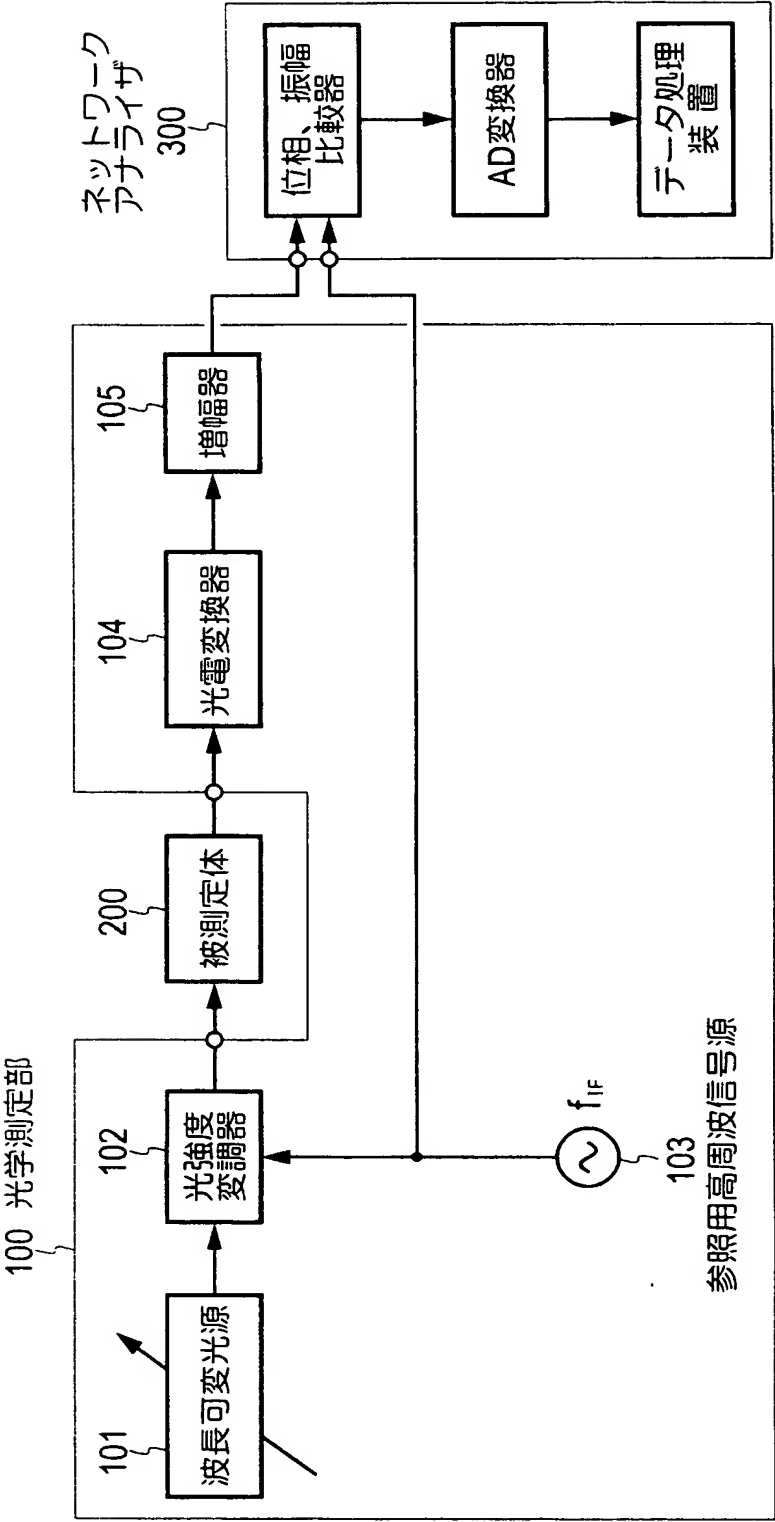


図 15

【図 16】

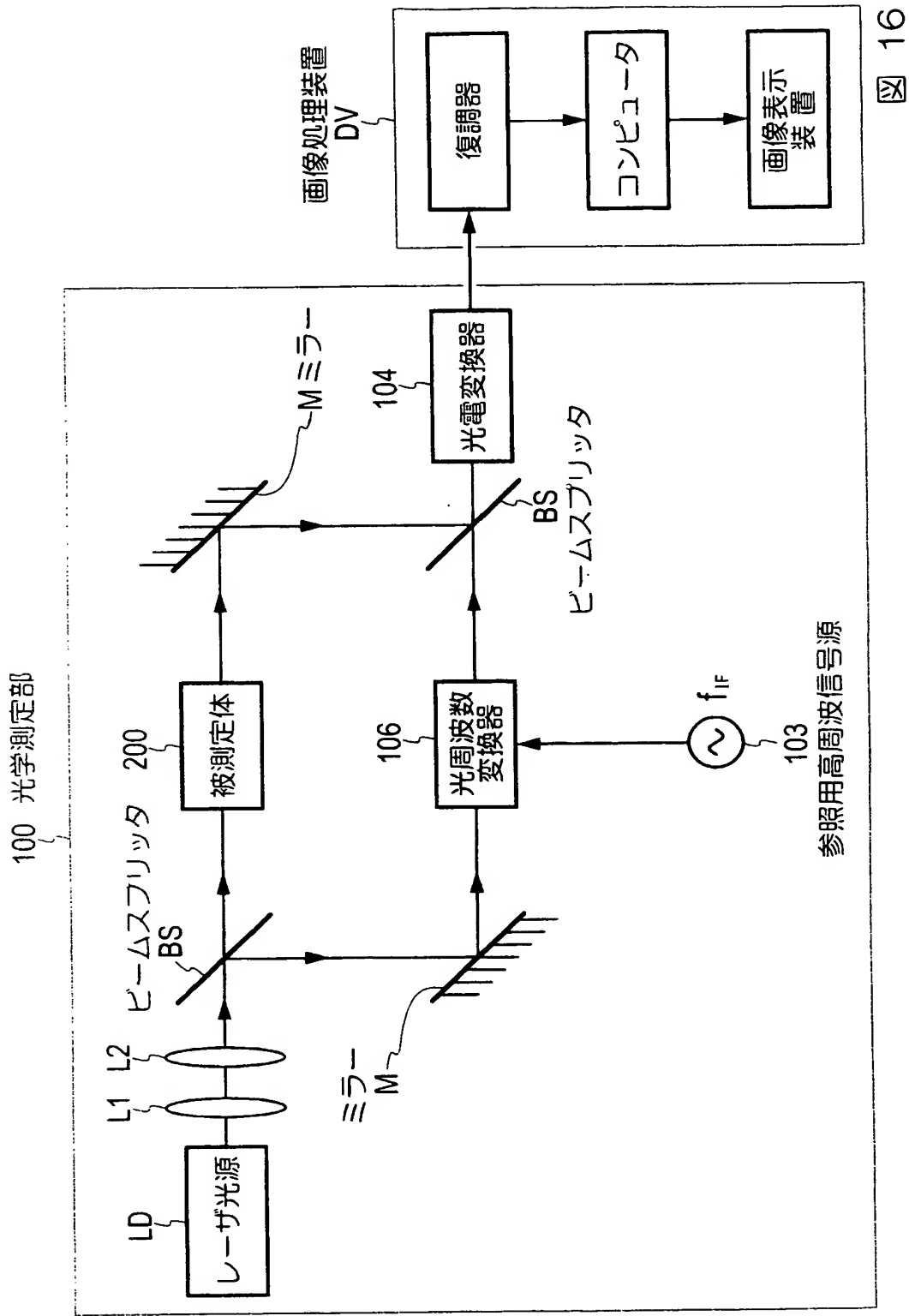


図 16

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光部品などの光透過特性或いは位相遅延特性を精度良く測定することができる光ネットワークアナライザを提供する。

【解決手段】 波長可変光源と、この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える音響光学周波数変換器と、この音響光学周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体と経由した光とを合波する合波器と、この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、音響光学周波数変換器に参照信号を与える参照用高周波信号源と、この参照用高周波信号源の信号を参照信号とし、この参照信号と光電変換器から得られる被測定信号を比較して、被測定体における光の減衰量、位相変位量を測定する位相比較・振幅測定器と、によって構成した。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|----------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2002-001521 |
| 受付番号 | 50200011599 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0090 |
| 作成日 | 平成14年 1月11日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|------------------|
| 【識別番号】 | 390005175 |
| 【住所又は居所】 | 東京都練馬区旭町1丁目32番1号 |
| 【氏名又は名称】 | 株式会社アドバンテスト |

【代理人】

申請人

| | |
|----------|-----------------------|
| 【識別番号】 | 100066153 |
| 【住所又は居所】 | 東京都新宿区新宿四丁目2番21号 相模ビル |
| 【氏名又は名称】 | 草野 卓 |

【選任した代理人】

| | |
|----------|----------------------------------|
| 【識別番号】 | 100100642 |
| 【住所又は居所】 | 東京都新宿区新宿4丁目2番21号 相模ビル 草野特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 稲垣 稔 |

次頁無

特願 2 0 0 2 - 0 0 1 5 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 0 0 0 5 1 7 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 1 0 月 1 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号

氏 名

株式会社アドバンテスト